

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-008459

(43)Date of publication of application : 11.01.2002

(51)Int.Cl.

H01B 12/12

(21)Application number : 2000-184373

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE  
TOKYO ELECTRIC POWER CO INC:THE

(22)Date of filing : 20.06.2000

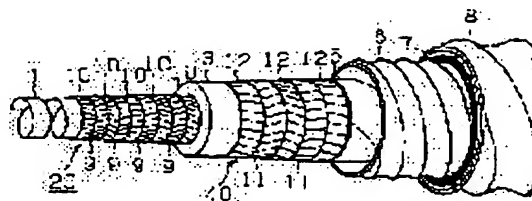
(72)Inventor : MIYOSHI KAZUTOMI  
TSUBOUCHI HIROKAZU  
HONJO SHOICHI  
MIMURA TOMOO  
MATSUO KIMIYOSHI  
TAKAHASHI YOSHIHISA

## (54) SUPERCONDUCTING CABLE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a superconducting cable which can protect itself with certainty from short circuit current regardless of structural conditions such as material of wick and without lowering the superconducting characteristics of the superconductor.

**SOLUTION:** A composite conducting layer 20 is formed by winding and laminating plural superconducting wires spirally around a wick 1. A composite shielding layer 40 is formed around the outer surface of the composite conducting layer 20, sandwiching an insulating layer 3 between the two layers, by winding and laminating superconducting wires spirally. In such superconducting cable, stabilizing metal layers 10 are provided on the upper and lower layer of the superconducting layer 9 of the composite conducting layer 20. The laminated superconducting layer 9 and the stabilizing metal layers 10 are connected by soldering at both ends of the cable.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE CO.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-8459

(P2002-8459A)

(43) 公開日 平成14年1月11日 (2002.1.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 B 12/12

識別記号

F I  
H 0 1 B 12/12

テーマコード(参考)  
5 G 3 2 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-184373(P2000-184373)

(22) 出願日 平成12年6月20日(2000.6.20)

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(71) 出願人 000003687

東京電力株式会社

東京都千代田区内幸町1丁目1番3号

(72) 発明者 三好 一富

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100100963

弁理士 野田 陽男

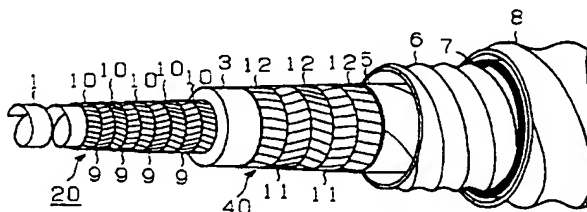
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超電導ケーブル

(57) 【要約】

【課題】 巻芯の材質や構造的な制約を受けることなく、また、超電導体の超電導特性を低下させることなく、短絡事故時に超電導体を短絡電流から確実に保護できるようする。

【解決手段】 巻芯1の外周に複数本の超電導線を螺旋状に巻回して多層に積層して複合導体層20を形成している。複合導体層20の外周には、絶縁層3を挟んで超電導線を螺旋状に巻回して多層に積層して複合遮蔽層40を形成している。そのような超電導ケーブルにおいて、複合導体層20の超電導層9の上下層に安定化金属線を螺旋状に巻回した安定化金属層10を設ける。そして、ケーブル両端において、それぞれ上下に隣接する超電導層9と安定化金属層10とをハンダ付けにより接続する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 巻芯の外周に、超電導線からなる導体層と、安定化金属からなる安定化金属層とが積層されてなる複合導体層を設けたことを特徴とする超電導ケーブル。

【請求項 2】 導体層と安定化金属層とが端部で電氣的に接続されていることを特徴とする請求項 1 記載の超電導ケーブル。

【請求項 3】 巻芯の外周に、超電導線と安定化金属線とを混在させて形成した複合導体層を設けたことを特徴とする超電導ケーブル。

【請求項 4】 超電導線と安定化金属線とが端部で電氣的に接続されていることを特徴とする請求項 3 記載の超電導ケーブル。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、金属管等よりなる巻芯の外周に、複数本の超電導線を螺旋状に巻いてコア部を形成した超電導ケーブルに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】図 3 は、従来の超電導ケーブルを示す図である。図 3 において、1 は巻芯、2 は導体層、3 は絶縁層、4 は遮蔽層、5 は保護層、6 は内部コルゲート管、7 は断熱層、8 は外部コルゲート管である。

【0003】金属管や金属スパイラル管等よりなる巻芯 1 の外周に、複数本の酸化物超電導線を螺旋状に巻回して導体層 2 を形成し、その上にクラフト紙等よりなるテープを多層に巻回して絶縁層 3 を形成している。さらに、絶縁層 3 の外周には、複数本の酸化物超電導線を螺旋状に巻回して遮蔽層 4 を形成し、超電導ケーブルのコア部としている。

【0004】コア部の外周には、ケーブル製造時やケーブル布設時等に、コア部が傷つくのを防止するため、ポリエチレンテレフタレートやアルミニウム等のテープを螺旋状に巻回して保護層 5 を形成している。その状態で内部コルゲート管 6 の中に収容し、さらに、スーパーインシュレーションを多層に巻回して形成した断熱層 7 を介在させて、外部コルゲート管 8 の中に収容している。

【0005】内部コルゲート管 6 の中には、液体窒素等よりなる寒剤を流すことで、コア部を冷却し、導体層 2 及び遮蔽層 4 を超電導状態に保持するようにしている。また、内部コルゲート管 6 と外部コルゲート管 8 の間の空間は、真空状態に保持することにより、外部から内部への熱侵入を低く抑えるようにしている。

【0006】このような超電導ケーブルでは、導体層 2 と遮蔽層 4 の両方が超電導線のみで構成されている。また、巻芯 1 は、銅やアルミニウム等の金属管を用いて、導体層 2 を保持する機能の他に、導体層 2 の冷却用の寒剤を低い圧力損失の元で通す機能を持たせている。さらに、短絡事故時の過大電流を導体層 2 から分流させて、

導体層 2 の破損を防止する短絡事故保護機能も持たせている。

【0007】例えば、短絡電流が 31.5 kA で、短絡継続時間が 0.34 秒の短絡事故の際に、導体層 2 のみで短絡電流を分担させた場合には、導体層 2 は溶断する。それに対して、巻芯 1 を銅管等で形成して巻芯 1 に短絡電流の一部を分流させるようにすると、導体層 2 は溶断せず、寒剤としての液体窒素の出口での圧力が 0.6 MPa において、巻芯 1 の断面積が 111 mm<sup>2</sup> であれば、導体層 2 の温度を寒剤の飽和温度 98.5 K 以下に抑えることができる。

【0008】なお、このような超電導ケーブルに関連する従来の文献としては、例えば、特開平 7-169343 号公報 (H01B 12/12)、特開平 11-203960 号公報 (H01B 12/12) 等がある。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の超電導ケーブルでは、巻芯 1 を短絡事故時の保護と寒剤の流路として用いるため、巻芯 1 の材料及び断面サイズに制約を受ける。すなわち、巻芯 1 の材料として銅やアルミニウム等の金属を用いる必要があり、また、巻芯 1 を空芯構造にする必要がある。そして、寒剤を低い圧力損失の元で通すには、空芯部の径をある程度大きく確保する必要があるうえに、短絡電流を十分に分流させるには、金属部分の断面積をある程度（例えば、111 mm<sup>2</sup>）以上確保する必要があるという問題点があった。

【0010】また、短絡電流を巻芯 1 に分流させるためには、導体層 2 の各超電導線を巻芯 1 に電氣的に接続する必要がある。そのため、一般的にはハンダ付けによる接続が行われるが、各超電導線を巻芯 1 にハンダ付けするには、巻芯 1 の熱容量が大きいため、ハンダ付けの加熱時間が長くなり、その間、超電導線が高温にさらされることになる。その結果、超電導特性を劣化させてしまうことになる。さらに、超電導線を多層に巻回して導体層 2 を形成している場合には、外側の層にある超電導線を巻芯 1 にハンダ付けする際に、超電導線の先端を巻芯 1 に接触させるためにかなり大きく曲げてハンダ付けすることになるが、超電導線に大きな曲げを与えると機械的な歪みが大きくなって超電導特性を劣化させてしまう。それらの結果、超電導線と巻芯 1 との接続部分での発熱による損失が大きくなるという問題点や、短絡事故時の分流が設計通りにならないという問題点があった。

【0011】それらの問題点に対して、各超電導線材の安定化金属部分の断面積を大きくして、安定化金属部分に短絡電流を分流させることにより超電導線を保護するということも可能である。しかしながら、超電導線として、銀シース型のビスマス系高温超電導線を用いる場合、安定化金属部分はシース部分となるため、銀の使用量が多くなって大幅なコスト高になる。また、ビスマス

系高温超電導線では、臨界電流特性を高めるために、線材の中心部にあるビスマス系高温超電導材料に圧力をかけて圧縮する必要があるが、シース部分が厚くなると、線材中心部のビスマス系高温超電導材料に十分な圧力が伝わりにくくなって、臨界電流特性が低下するという問題点があった。

【0012】本発明は、そのような問題点を解決し、巻芯の材質や構造的な制約を受けることなく、また、超電導体の超電導特性を低下させることなく、熱損失の増加も伴わずに、短絡事故時に超電導体を短絡電流から

確実に保護できるようにすることを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、請求項1に記載の超電導ケーブルは、巻芯の外周に、超電導線からなる導体層と、安定化金属からなる安定化金属層とが積層されてなる複合導体層を設けたことを特徴とする。このようにすると、超電導層と安定化金属層とを電気的に接続することにより超電導体を短絡電流から保護できるので、巻芯の材質や構造的な制約を受けることなく、また、超電導体の超電導特性を低下させることなく、熱損失の増加も伴わずに、短絡事故時に超電導体を短絡電流から確実に保護できる。この超電導ケーブルは、長尺の巻芯と、該巻芯の外周に複数本の超電導線を螺旋状に巻回して単層あるいは多層に積層した導体層と、該導体層の外周に形成した絶縁層と、該絶縁層の上に超電導線を螺旋状に巻回して単層あるいは多層に積層した遮蔽層とを具えた超電導ケーブルであって、前記導体層の上下層に安定化金属線を螺旋状に巻回した安定化金属層を設けて複合導体層としたものであってもよい。

【0014】また、請求項3に記載の超電導ケーブルは、巻芯の外周に、超電導線と安定化金属線とを混在させて形成した複合導体層を設けたことを特徴とする。このようにしても、超電導線と安定化金属線とを電気的に接続することにより超電導体を短絡電流から保護できるので、巻芯の材質や構造的な制約を受けることなく、また、超電導体の超電導特性を低下させることなく、熱損失の増加も伴わずに、短絡事故時に超電導体を短絡電流から確実に保護できる。この超電導ケーブルは、長尺の巻芯と、該巻芯の外周に複数本の超電導線を螺旋状に巻回して単層あるいは多層に積層した導体層と、該導体層の外周に形成した絶縁層と、該絶縁層の上に超電導線を螺旋状に巻回して単層あるいは多層に積層した遮蔽層とを具えた超電導ケーブルであって、前記導体層を、同一層内に超電導線に安定化金属線を混在させて形成して複合導体層としたものであってもよい。なお、前記した「電気的に接続する」手段としては、ハンダ付けによる方法や、直接接合による方法などがある。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0016】（第1実施形態）図1は、第1実施形態を示す図である。符号は、図3のものに対応しており、9、11は超電導層、10、12は安定化金属層である。

【0017】巻芯1は、厚さ1mmの細長い鉄板をスパイラル状に巻回して形成した、外径が19mm、内径が17mmのスパイラル管を用いている。なお、この実施形態では、巻芯1として上記のようなスパイラル管を用いたが、銅管やアルミニウム管やフレキシブル管を用いることもできる。

【0018】そのような巻芯1の外周に、銅のテープ（厚さ0.5mm、幅3.5mm）を並べてスパイラル状に巻回して安定化金属層10を形成し、その上にビスマス系銀シース超電導線を並べて巻回して超電導層9を形成している。さらに、この超電導層9の上に上記のものと同様な安定化金属層10を形成し、その上に上記のものと同様な超電導層9を形成するというを繰り返して、超電導層9を4層と安定化金属層10を5層とする複合導体層20を形成した。

【0019】なお、安定化金属層10は、銅テープ以外にもアルミニウムやニッケル等のその他の金属テープで形成してもよい。また、安定化金属層10の上下をマイラーテープ等を巻き付けて絶縁を確保したり、安定化金属テープ自体にホルマール等の電気絶縁膜を施してもよい。

【0020】この複合導体層20では、ケーブルの両端部分で安定化金属層10を構成する金属テープと超電導層9を構成する超電導線とが、ハンダ付けされて電気接続される。その際、安定化金属層10を形成する金属テープの熱容量は小さいため、ハンダ付けは短時間で済み、超電導線の温度上昇は小さく抑えられる。また、上下に隣接するもの同士をハンダ付けするため、超電導線の先端に曲げを加える必要はない。そのため、ハンダ付けにおける超電導線の温度上昇並びに機械的歪みは、超電導線の超電導特性を低下させることはない。

【0021】この複合導体層20の上にクラフト紙や半合成紙からなるテープを多層巻回して絶縁層3を形成し、その上に銅テープを並べてスパイラル状に巻回して安定化金属層12を形成し、その上にビスマス系銀シース超電導線を並べて巻回して超電導層11を形成している。さらに、この超電導層11の上に安定化金属層12を形成し、その上に超電導層11を形成するというを繰り返して、超電導層11を2層と安定化金属層12を3層とする複合遮蔽層40を形成している。この複合遮蔽層40においても、ケーブルの両端部分で安定化金属層12を構成する金属テープと超電導層11を構成する超電導線とが、ハンダ付けされて電気接続される。その複合遮蔽層40の外周には、保護層5としてクラフト

紙を4層巻回している。

【0022】ここで、複合導体層20と複合遮蔽層40を構成する超電導線材としては、ビスマス系酸化物超電導体に銀シースを施した高温超電導テープ線を用いることができる。そして、複合導体層20では、例えば、芯数が55本、液体窒素中での臨界電流が60Aで、幅3.5mm、厚さ0.25mmの高温超電導テープ線を1層当たり16本巻回して形成している。また、複合遮蔽層40では、同様な高温超電導テープ線を1層当たり31本巻回して形成している。しかし、必ずしもそれに

限定されない。また、複合導体層20や複合遮蔽層40を形成する超電導層9、11は一層でも複数層でもよい。そして、複数層にする場合は、層間に絶縁テープを介在させてもよい。

【0023】また、超電導線材としては、ビスマス系以外にも、イトリウム系、ネオジウム系等の酸化物系超電導線材でもよく、さらに、Nb系、V<sub>3</sub>Ga系等の金属系超電導線材でもよい。また、シースを形成する材料は、銀以外に、銀マグネシウムや銀マンガン合金等でもよい。さらに、超電導線材は、銀やニッケル等のテープ状の基材の上に超電導材料が積層されたものであってもよい。

【0024】複合導体層20の外周に施した絶縁層3は、幅30mm、厚さ150 $\mu$ mのクラフト紙を40層巻回している。ただし、絶縁層3の材料は、クラフト紙以外にもオリエンテッドポリプロピレンラミネート紙等の半合成紙でもよい。また、絶縁テープの巻数は、ケーブルに要求される耐電圧値に応じて適宜調整される。

【0025】(第2実施形態)図2は、第2実施形態を示す図である。図2において、符号は、図1のものに対応しており、13、15は超電導線、14、16は安定化金属線である。

【0026】巻芯1の上に複合導体層20を形成し、その上に絶縁層3を形成し、さらにその上に複合遮蔽層40を形成している点では、第1実施形態と同様であるが、この第2実施形態では、複合導体層20と複合遮蔽層40とを、同一層内に、超電導線13、15に安定化金属線14、16を混在させて巻回し、そのような混在層を多層にわたって積層して形成している。複合導体層20を構成する各層の間には、絶縁テープ等を巻回することで層間を電氣的に絶縁させるようにしてもよい。

【0027】この複合導体層20は、ケーブルの両端部分で超電導線13と安定化金属線14とがハンダ付けされて電気接続される。その際、安定化金属線14の熱容量は小さいため、ハンダ付けは短時間で済み、超電導線13の温度上昇は小さく抑えられる。また、隣接するもの同士をハンダ付けするため、超電導線13の先端に曲げを加える必要はない。そのため、ハンダ付けにおける超電導線の温度上昇並びに機械的歪みは、超電導線の超電導特性を低下させることはない。また、複合遮蔽層4

0における超電導線15と安定化金属線16もケーブルの両端部分でハンダ付けされて電気接続される。

【0028】以上、第1、第2実施形態のようにすることで、巻芯1は、短絡電流を分担する必要がなくなるため、材質を良導電性の金属とし、断面積を所定値以上にするという制約がなくなり、その外径を小さくすることができる。その結果、1本当たりのコアの外径を36mmに抑えることができ、そのようなコアを3芯捻り合わせた後に、内径82mmの内部コルゲート管6にコンパクトに収容することができた。さらに、第1実施形態のケーブルにおける複合導体層20の超電導層9と安定化金属層10との電気接続のためにハンダ付けを行ったところ、接続部分での超電導線の超電導特性の低下は見られなかった。また、第2実施形態のケーブルにおける複合導体層20の超電導線13と安定化金属線14との電気接続のためにハンダ付けを行ったところ、接続部分での超電導線の超電導特性の低下は見られなかった。

【0029】さらに、本発明の超電導ケーブルを使って短絡事故模擬試験として、液体窒素を流しながら31.5kA、0.24秒間通電したところ、ケーブル温度は最大で96Kになったが、その後温度が通電前の値に戻り、ケーブルは健全であった。

【0030】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、次に記載するような効果を奏する。すなわち、請求項1に記載の超電導ケーブルは、導体層と安定化金属層を設けた。その結果、巻芯の材質や構造的な制約を受けることなく、また、超電導体の超電導特性を低下させることなく、熱損失の増加も伴わずに、短絡事故時に超電導体を短絡電流から確実に保護できる。

【0031】また、請求項3に記載の超電導ケーブルは、超電導線に安定化金属線を混在させて導体層を形成した。その結果、巻芯の材質や構造的な制約を受けることなく、また、超電導体の超電導特性を低下させることなく、熱損失の増加も伴わずに、短絡事故時に超電導体を短絡電流から確実に保護できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態を示す図である。

【図2】第2実施形態を示す図で、(a)は斜視図、(b)は複合導体層の内の一層を示す断面図である。

【図3】従来の超電導ケーブルを示す図である。

【符号の説明】

- 1…巻芯
- 2…導体層
- 3…絶縁層
- 4…遮蔽層
- 5…保護層
- 6…内部コルゲート管
- 7…断熱層
- 8…外部コルゲート管



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**